

**Выводы.** Очевидно, что точность реального оптимального ресурсного проектирования конструкции должна соответствовать точности ее изготовления. Литейная технология изготовления колес турбин и компрессоров, обладающая несомненными достоинствами (низкой себестоимостью и высокой производительностью), требует учета и моделирования вносимых ошибок формообразования закономерного характера на стадии формирования (фазового перехода и охлаждения) восковой модели (восковки). По сравнению со стальной отливкой восковка имеет более значительные градиенты температур после окончания фазового перехода (ввиду значительно меньшего коэффициента теплопроводности восковой смеси по сравнению со сталью) и гораздо сильнее подвержена деформированию при возникновении термонапряжений из-за более низкого (по сравнению со сталью) модуля упругости. С определенной долей погрешности проанализировать перемещения восковки можно, определяя температурное поле после фазового перехода (считая в этот момент времени восковую форму колеса идеально точной и ненапряженной) и решая термоупругую задачу остывания. Такое решение также позволит установить зоны возможных остаточных напряжений.

Для стабилизации и уменьшения указанных эффектов требуется улучшение технологического режима фазового перехода восковки (фиксация и увеличение времени), улучшение воскового состава (повышение модуля упругости), предварительный учет деформирования восковки при изготовлении пресс-формы вытеснителя или разработка технологии, использующей не восковые модели, а, например, Quick-Cast и 3D-Prototyping технологии.

Показано, что наиболее опасным последствием технологических отклонений геометрии отливок рабочих колес турбин ТКР является возможность роста резонансных динамических напряжений. Для серийной технологии изготовления проведены оценки (для дискретной системы с соответствующими парциальной частотой подсистемы и плотностью спектра) наибольшей реализуемой перегрузки ( $\max \beta^{\text{кр}} = 1,67$ ) и статистических характеристик перегрузки ( $MO(\beta) = 1,3$ ,  $\sigma(\beta) = 0,125$ ). Сделан вывод о рациональности дальнейшего снижения разнотолщинности с целью уменьшения возможных перегрузок при резонансных колебаниях (позиционированы  $M^{\text{серийн}}(\beta)$  относительно  $M^{\text{max}}(\beta)[\sigma(\Delta f)]$ ) за счет совершенствования технологий изготовления отливок колес ТКР.

**Список литературы:** 1. Петросянц В.А., Симсон Э.А., Солошенко В.А. Оптимальное проектирование колес компрессоров систем наддува ДВС (ТКР) // „Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье“. Сборник докл. 5-й межд. научно-техн. конф. – Харьков, 1997. – Ч.1. – С.144-148. 2. Петросянц В.А. Кадневский В.Е. Математическая модель рабочего процесса радиально-осевой турбины агрегата наддува двигателя // Тезисы докл. на VII Всесоюзной школы-семинара „Современные проблемы газодинамики и теплообмена и пути повышения эффективности энергетических установок“. – Москва, МВТУ, 1989. 3. Солошенко В.А. Влияние окружного распределения частотной расстройки лопаток на резонансные колебания // „Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье“. Сборник докл. 5-й межд. научно-техн. конф. – Харьков, 1997. – Ч.1. – С.157-161.

Поступила в редакцию 23.01.2008

**И.В.АРТЕМОВ**, гл. конструктор, ОАО „Головной специализированный конструкторско-технологический институт“, г. Мариуполь

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МАШИНЫ СРЕЗКИ ИЗЛИШЕК СМЕСИ В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ФОРМОВОЧНОЙ ЛИНИИ КРУПНОГО ВАГОННОГО ЛИТЬЯ

У статті проведений аналіз роботи машини, що зрізає надлишок суміші у складі автоматизованої формувальної лінії крупного вагонного литва. Розглянуті технічні вимоги щодо створення оптимальної конструкції цих машин з урахуванням конструктивних параметрів форм, що виготовляються, і технологічних режимів роботи лінії. Запропонований підхід для організації наукових досліджень і обґрунтування вибору конструктивних схем устаткування на основі узагальненого параметричного опису складних механічних систем.

The article introduces the analysis of function of surplus blend cutting machine that is included in automated molding line for large-size car cast. Technical requirements concerning creation of optimal design for these machines are examined taking into consideration the design values of producible forms and operating modes. Approach to organization of scientific research and validation of choice of equipment arrangement is introduced on the base of integrated parametric description of complex mechanical systems.

**Введение.** Одна из главных специализаций ОАО „Азовмаш“ (г. Мариуполь) — это выпуск грузовых железнодорожных вагонов и цистерн. В связи со значительным износом грузового подвижного состава (как Украины, так и стран СНГ), общим подъемом промышленности и сопутствующим ростом грузоперевозок в последние годы резко увеличился спрос на продукцию ОАО „Азовмаш“. Следствие этого — нехватка крупногабаритных вагонных отливок балки надрессорной и рамы боковой, необходимых как для ремонта грузового подвижного состава, так и для комплектации новых изделий [1].

Спрос на раму и балку вызвал резкий рост цен на них. Для ликвидации зависимости от поставок дефицитных, а главное, непрерывно дорожающих комплектующих, руководством ОАО „Азовмаш“ было принято решение об организации на предприятии собственного производства крупных вагонных отливок (до 700 вагонокомплектов в месяц).

Формовочную машину изготовила немецкая фирма Kuenkel Wagner, часть оборудования и технологию приготовления стержневой массы предоставили УП „Институт БелНИИлит“, но большинство необходимых узлов и механизмов автоматизированной линии по выпуску крупного вагонного литья спроектировали и изготовили сами специалисты завода. Одним из таких механизмов является машина срезки излишек смеси. В данной статье рассмотрены условия работы, а также проблемы, с которыми столкнулись при проектировании и эксплуатации данной машины.

**Актуальность данной темы** подтверждает то, что в ОАО „Азовмаш“ в 2008 г. планируется создание второй автоматизированной линии, и поэтому

очень важно учесть опыт, полученный при проектировании, изготовлении и эксплуатации работающей формовочной линии.

**Состояние проблемы.** При проектировании машин срезки смеси для оснащения автоматизированных линий по производству крупногабаритных отливок возникают специфические проблемные вопросы, обусловленные условиями работы этих машин, размерами обрабатываемых опок, плотностью срезаемого материала, а также, как следствие, формированием особых критериев для научно обоснованного выбора конструктивных параметров создаваемых машин.

Конструкция машины должна обеспечить:

- высокую надежность и долговечность работы, т.к. выход из строя любого звена автоматизированной линии и, следовательно, ее простой приносит значительные убытки;
- эффективное и качественное срезание излишек формовочной смеси при больших размерах опок (2900x1700x500/500) и значительной плотности смеси после ее уплотнения под высоким давлением.

В сочетании с требованиями минимальной металлоемкости и достаточной прочности данный комплекс критериев и ограничений приводит к необходимости решения сложной задачи оптимального синтеза динамической системы. В настоящее время для машин такого типа и в разрезе указанных требований методика решения подобных задач отсутствует.

Конкретные технические требования к создаваемой машине срезки излишек смеси определяются конструктивными параметрами изготавливаемых изделий и технологическими режимами работы автоматизированной формовочной линии крупного вагонного литья.

Рассмотрим порядок работы линии, более подробно остановившись на участке подготовки форм (рис. 1). В формовочную машину (поз. 1) поступает опока, установленная на держателе модели, предварительно наполненная облицовочной смесью. Здесь на опоку устанавливается наполнительная рамка, после чего она с помощью реверсивного роликового конвейера возвращается для заполнения наполнительной смесью и уплотнения смеси под высоким давлением. При этом необходимо отметить, что трудно рассчитать требуемый для данной опоки объем формовочной смеси, который бы после уплотнения занял бы идеально ее объем. Поэтому при выполнении операции формовки стараются загрузить излишек смеси, который после уплотнения даст некоторое возвышение над плоскостью опоки. Этот напуск препятствует манипулированию полуформой, затрудняет точную ее установку и ориентацию на подопочной плите. Поэтому излишек смеси необходимо удалять [2]. Данную операцию производят машинами срезки излишек смеси (поз. 2).

Следующей технологической позицией является устройство подъема (съем) опок (поз. 3). Здесь опоки снимаются с несущих модельных плит при помощи гидравлических цилиндров. Опоки, находясь на приводном рольганге, перемещаются в кантователь (поворотное устройство) (поз. 4). При помощи кантователя опоки (поз. 5) поворачиваются на 180°, чтобы разъем формы

был направлен вверх. После поворотного устройства опоки попадают в передаточное устройство (поз. 6). Здесь опоки опускаются до уровня участка сборки форм, где производится установка стержней, холодильников, жербеб-ек, выполнение выпоров. Отсюда опоки поступают в следующий кантователь. Верхняя опока кантуется на 180°, после чего она подается в устройство сборки опок. Нижняя опока проходит через кантователь без кантовки, после чего также поступает в устройство сборки опок. Здесь верхняя опока устанавливается на нижнюю и фиксируется с помощью замков. Затем трансферкаром собранная форма передается на заливочно-охладительный участок.

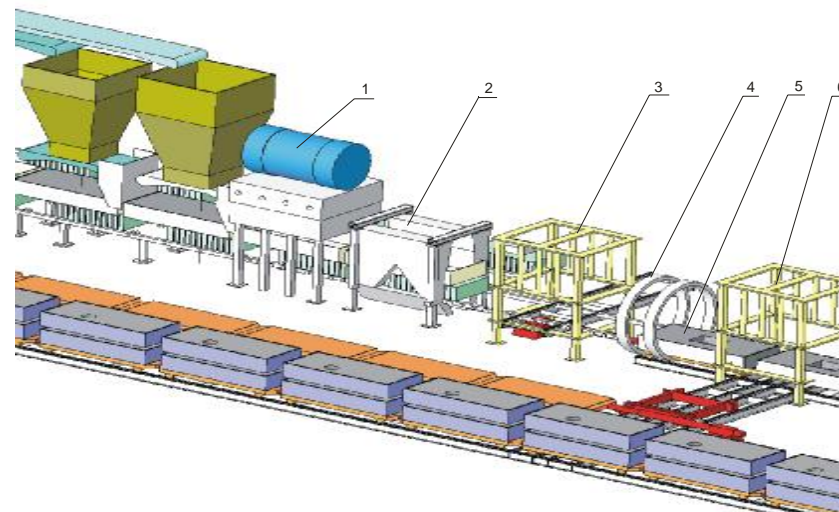


Рис. 1. Участок подготовки форм автоматизированной формовочной линии крупного вагонного литья:

1 – формовочная машина; 2 – машина срезки излишек смеси; 3 – устройство подъема (съем) опок; 4 – кантователь; 5 – опока; 6 – передаточное устройство

Из описанного выше техпроцесса видно, что насколько качественно произведена срезка излишек смеси, тем качественнее произойдет соединение верхней и нижней опоки при формировании формы для литья и, следовательно, качественнее будет отливка. При производстве крупногабаритного литья, каким является вагонное литье (табл.1), и высота излишка смеси, и площадь среза достигают значительных величин. Кроме того, в формах, изготовленных прессованием смеси под высоким удельным давлением, плотность смеси достигает также значительных величин.

Применяемая на ОАО „Азовмаш” автоматическая формовочная машина предназначена для изготовления песчано-глинистых форм для отливки крупных деталей вагоностроения. Размеры опок 2900x1700x500/500 (мм). Исходные формовочные материалы: облицовочная смесь – горелый песок (72-82%), свежий песок (15-25%), бентонит (2,5-3,5%), крепитель (0,1-0,4%), вода до тре-

буемой влажности (3,2-3,5%); *наполнительная смесь* – горелый песок (91-95%), свежий песок (3,5- 7,5%), бентонит (0,7-1,5%), крепитель (0,1%), вода до требуемой влажности (3,0-3,5%).

Таблица 1

Образцы крупного вагонного литья, изготавливаемого на автоматизированной формовочной линии

Наименование и параметры	Область применения
<p><b>Балка боковая</b></p>  <p>Масса: 1152кг Материал: Сталь 20ГЛ ОСТ32.183.2001 Габариты: длина-2413мм, ширина-554мм, высота- 650мм</p>	Основная деталь тележки грузового вагона. Передает нагрузки на оси тележки через буксы. Рама имеет пояса и колонки, которые в середине образуют проем для центрального рессорного подвешивания, а по концам – буксовые проемы. Сечения наклонных поясов вертикальных колонок – корытообразной формы. Горизонтальный участок нижнего пояса имеет замкнутое коробчатое сечение
<p><b>Балка надрессорная</b></p>  <p>Масса: 1533 кг Материал: Сталь 20ГЛ ОСТ 32.183.2001 Габариты: длина – 2590 мм, ширина – 480 мм, высота – 450 мм</p>	Одна из деталей конструкции тележки железнодорожного грузового вагона. Служит соединительным звеном между двумя рамами боковыми. Она имеет замкнутое коробчатое сечение и изготавливается вместе с подпятником, опорами для скользунов, выемками для размещения клиньев, буртами, ограничивающими смещение внутренних пружин рессорного комплекта и выступами, удерживающими наружные пружины от смещения при движении тележки. Боковые перемещения балки амортизируются поперечной упругостью пружин, на которые она опирается.

Формовочная машина тип DFM-SMU (производство Германия) – гидравлически управляемая, для попеременного использования следующих процессов прессования: сжатие высокого давления или AIRPRESSplus 2000 технология с последующим сжатием высокого давления. Данные режимы обеспечивают силу сжатия до 7.395 кН и специальное давление сжатия до 150 Н/см². При этом плотность смеси после формовки достигает 80-90 ед. по твердомеру, т.е. для среза ее излишков требуется значительное усилие. Поэтому вопрос выбора или создания оптимальных конструкций машины для срезки излишков смеси приобретает важное значение.

**Предлагаемая схема исследования.** Процесс модернизации существующей и проектирования новой машины срезки смеси (МСС) с целью полу-

чения ее оптимальной конструкции планируется организовать по схеме, учитывающей взаимосвязанность и взаимовлияние расчетных и экспериментальных этапов исследований.

На рис. 2 приведена структурная схема организации процесса исследований, основанная на системном подходе к проектированию [3] и обобщенном параметрическом подходе, предложенном для описания сложных машиностроительных конструкций в работе [4]. При этом итерационный процесс уточнения параметров (обратная связь этапов IV-III и V-III на рис.2) организовывается на основе подходов, описанных в [5-7].

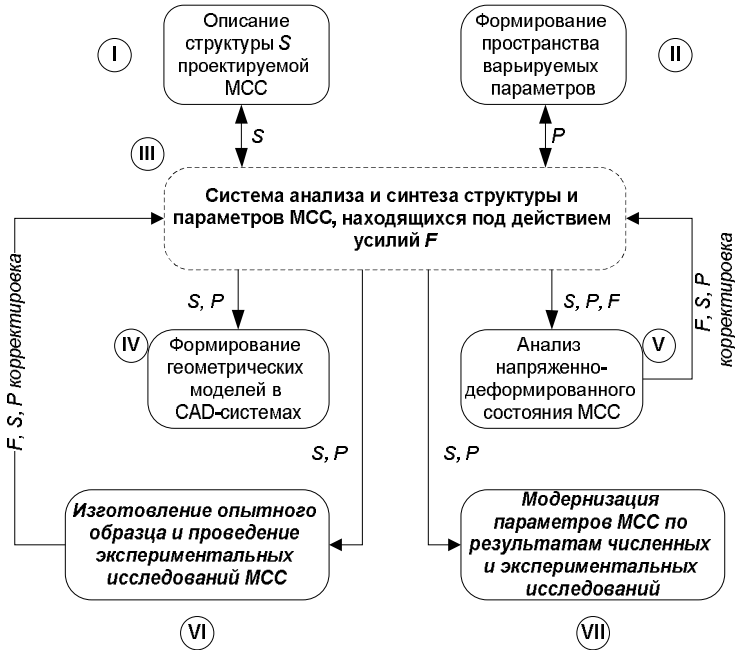


Рис.2. Структурная схема для организации процесса исследований машины для срезки смеси

Для организации проведения исследований по предлагаемой схеме необходимо создание специализированного программно-аппаратного комплекса (ПАК). На рис. 3 представлена схема информационных потоков в создаваемом программно-аппаратном комплексе „ПАК-МСС”. К основным достоинствам предложенной схемы проведения исследований следует отнести наличие единого подхода, единого способа описания проектируемого объекта на базе обобщенного параметрического представления, а также возможность организации обратных связей на всех этапах комплекса работ. Важно, что в едином процессе увязаны и экспериментальные измерения, и численные расчеты, и проектно-конструкторские работы.

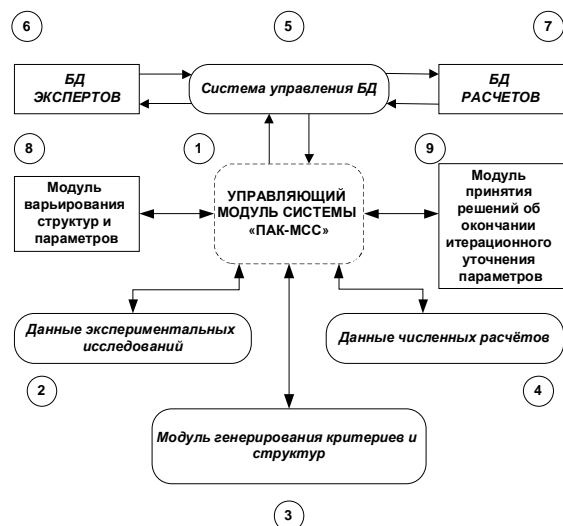


Рис. 3. Схема информационных потоков в создаваемом программно-аппаратном комплексе „ПАК-МСС”

Наличие твердой основы для формализованного описания объектов и процессов их проектирования позволяет организовать сквозную автоматизацию информационных потоков, чем резко повысить оперативность, качество и достоверность получаемых результатов.

**Выводы.** При проектировании новых и модернизации разработанных машин срезки излишков смеси в условиях автоматизированных формовочных линий для производства крупного вагонного литья необходимо учитывать все технологические особенности процесса, что будет способствовать эффективности, надежности и долговечности работы оборудования. При решении задачи совершенствования машины срезки излишков смеси по критериям нагрузочной способности, долговечности, прочности и металлоемкости необходимо провести анализ существующих конструкционных решений, а также методов расчета параметров этих машин.

На следующих этапах работы необходимо разработать комплексную математическую модель процесса срезки излишков смеси в условиях автоматических линий с учетом условий реального процесса срезки на основе экспериментальных исследований, а также синтеза оптимальных параметров этой машины. Затем разработать специализированный программно-модельный комплекс (ПМК), реализующий предлагаемую математическую модель. На основании построенной комплексной математической модели и с учетом полученных данных при проведении экспериментальных исследований планируется определить значимые факторы, проблемные вопросы, нагруженные элементы машины срезки излишков смеси и разработать проект модернизации указанной машины в направлении повышения ее нагрузочной способности и долговечности.

**Список литературы:** 1. Мельников А. П., Пасюк Г. И., Черепович А. В., Чепурной А. Д., Шумаков М.А. Производство крупных стальных отливок на ОАО „Азовмаш” // Литейное производство. – 2005. – №4. – С.31-33. 2. Немировский Р.Г. Автоматические линии литейного производства. – Киев-Донецк: Вища школа, 1981 – 59с. 3. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. – М.: Мир, 1981. – 456 с. 4. Ткачук Н.А., Бруль С.Т., Малакей А.М., Гриценко Г.Д., Орлов Е.А. Структура специализированных интегрированных систем автоматизированного анализа и синтеза элементов транспортных средств специального назначения // Механіка та машинобудування. – 2005. – № 1. – С. 184-194. 5. Канустин А. А., Ткачук К.А. Расчетно-экспериментальный метод исследования деформаций элементов механических систем // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып.53. – С.148-155. 6. Ткачук Н.А. Интенсивная схема экспериментальных исследований элементов технологических систем // Сб. научн. тр. „Динамика и прочность машин”. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып.56. – С.175-181. 7. Ткачук Н.А. Расчетно-экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: „Динамика и прочность машин”. – Харьков: НТУ „ХПИ”. – 2002. – № 10. – С. 126-131.

Поступила в редакцию 21.02.08

УДК 539.3:612.76:616.001

**О. В. ВЕРЕТЕЛЬНИК**, аспирант каф. ТММиСАПР, НТУ “ХПИ”

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ШЕЙНОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА С ОРТЕЗОМ

У роботі пропонується дослідження методом скінчених елементів механічної поведінки шийного відділу хребта з використанням програм САД і даних експериментальних досліджень елементів біомеханічних систем у ортезуванні. Виконано аналіз напружень для біомеханічних систем та ортеза, що знаходиться у клінічному використанні.

Research of mechanical behavior of the cervical spine is in-process offered a finite-element method, together with the programs of CAD and experimental information elements of the biomechanics systems in orthes' using. The analysis of tensions was executed for the biomechanical systems and orthes' that are in the clinical use.

**Введение.** Актуальность проблемы позвоночно-спинномозговых травм (ПСМТ) обусловлена большой их распространенностью, инвалидизацией и высокой смертностью пострадавших. В литературе имеются сообщения об отдельных видах повреждений. С увеличением скорости и мощности средств передвижения частота травмы спинного мозга возрастает. В Соединенных Штатах Америки ежегодно регистрируется 8-10 тыс. случаев этого вида травмы [1], в Украине – 1,5-2 тыс. случаев позвоночно-спинномозговой травмы в год.

Проблема лечения осложненных повреждений шейного отдела позвоночника, которые относятся к категории наиболее тяжелых и сопровождаются достаточно высокой летальностью и стойкой утратой больными трудоспособности, является в настоящее время чрезвычайно актуальной, и рассматривать ее необходимо как в медицинском, так и в социальном аспекте. Согласно современным статистическим данным в Украине среди всех травм опорно-двигательного аппарата переломы и перелома-вывихи позвонков встречаются приблизительно в 10% случаев. Травмы шейного отдела позвоночника составляют, по данным различных авторов, 20-50% по отношению к общему количеству всех его повреждений, нижнешейный отдел травмируется в 77,7%